

Résilience de l'assainissement par conteneurs

Preuves et analyses



Foto: SOIL



CBSA
Container Based Sanitation Alliance

Table des matières

Introduction.....	2
Revue rapide de la littérature.....	5
Conclusions.....	7
1. Entretiens	8
2. Données secondaires	12
Discussion	15
Remerciements	16
Références	16

Remarque : ce texte a été traduit automatiquement et révisé par le personnel de la CBSA. N'hésitez pas [à nous signaler](#) toute erreur que vous pourriez repérer.

Introduction

Dans un monde en mutation rapide, la résilience est devenue une priorité absolue pour les infrastructures et les services, car les sociétés sont confrontées à des chocs de plus en plus fréquents et graves, notamment des chocs liés au climat ainsi que des crises sociales, économiques et sanitaires. L'urbanisation rapide pousse les établissements humains vers des zones inondables, des zones humides et d'autres zones à risque, souvent à un rythme plus rapide que ne le permettent la planification et les infrastructures (Rentschler et al., 2023). Ce chevauchement croissant entre l'expansion urbaine et les risques climatiques rend indispensable le renforcement de la résilience de tous les systèmes urbains, y compris l'assainissement.

La résilience climatique dans le domaine de l'assainissement fait l'objet d'une attention particulière, car les liens entre la crise climatique et les systèmes d'assainissement sont de plus en plus largement reconnus. Les infrastructures et les services d'assainissement sont très vulnérables aux chocs liés au climat, tels que les inondations, les sécheresses et autres phénomènes météorologiques extrêmes, qui peuvent endommager les infrastructures, interrompre la fourniture de services et déplacer des communautés. Ces perturbations augmentent les risques sanitaires et la pollution environnementale, en particulier dans les communautés à faibles revenus et marginalisées, qui sont les plus exposées. En outre, un assainissement mal géré contribue au changement climatique, notamment par les émissions de méthane provenant des latrines à fosse et des fosses septiques.

Le CBS est un service d'assainissement qui utilise des conteneurs portables et scellables pour collecter les déchets humains. Ces conteneurs sont régulièrement collectés et traités, réutilisés ou éliminés de manière sûre hors site. Le CBS a été reconnu comme une solution d'assainissement sûre pour atteindre l'ODD 6.2 par le JMP (UNICEF & OMS, 2018) et est recommandé par la Banque mondiale dans le cadre des stratégies d'assainissement inclusif à l'échelle des villes (Banque mondiale, 2019). Comme le CBS ne nécessite pas de creusement, il a trouvé sa place dans de nombreux contextes difficiles d'accès ou mal desservis, où il existe peu d'options sûres. Il s'agit notamment des quartiers informels densément peuplés, des camps de réfugiés ou des camps de transition, des zones au sol rocheux, aux conditions instables, à la nappe phréatique élevée, aux collines, à l'eau limitée ou aux inondations fréquentes.

En 2022, la Coalition pour un assainissement résilient au climat (CRS) a été créée afin de donner un nouvel élan au secteur, de renforcer les politiques et les pratiques et de débloquer des investissements climatiques pour l'assainissement. En 2024, elle a élaboré de nouvelles orientations (GCF, 2024) sur l'assainissement résilient au climat, qui ont été incluses en annexe des lignes directrices du Fonds vert pour le climat (GCF) relatives aux projets liés à l'eau, contribuant ainsi à clarifier les types de solutions d'assainissement éligibles au financement climatique.

Les lignes directrices du GCF mettent en avant les systèmes d'assainissement basés sur des conteneurs (CBS) comme une solution d'assainissement robuste et adaptable, qui s'aligne bien avec les principes de résilience climatique. Les systèmes CBS sont économes en eau, reposent sur des conteneurs hermétiques pour un confinement sûr des déchets et utilisent des mécanismes de transport flexibles et de collecte fréquente, autant de caractéristiques qui permettent de maintenir la prestation de services pendant les

inondations, les sécheresses et autres perturbations liées au climat. Les lignes directrices soulignent également le rôle de la gestion active des services et des approches d'économie circulaire dans la réduction des émissions. Il s'agit là de caractéristiques essentielles du modèle CBS : tous les prestataires gèrent activement leurs services et la majorité d'entre eux transforment les déchets en produits réutilisables de grande valeur, tels que des engrais, du biogaz et des amendements pour sols. Cela positionne le CBS comme un candidat sérieux pour le financement climatique, offrant une voie pour renforcer la résilience, réduire les émissions et faire progresser le développement durable.

Les données actuelles montrent que le CBS présente des avantages en matière d'atténuation, notamment grâce à son potentiel de réduction des émissions de méthane par rapport aux systèmes sur site tels que les latrines à fosse ou les fosses septiques. Cependant, les données sur le CBS en tant que stratégie d'adaptation au changement climatique sont limitées, et on sait peu de choses sur la manière dont les services s'adaptent à la crise climatique. Il est essentiel de renforcer ces données afin d'éclairer une planification efficace, de soutenir les décisions politiques et de débloquent l'accès au financement climatique dont le besoin se fait urgemment sentir. Ce projet synthétise les données disponibles sur la résilience des CBS à partir d'une analyse documentaire, d'entretiens avec des fournisseurs de CBS et d'une analyse longitudinale des données :

Analyse documentaire : une première recherche a permis d'identifier 138 articles universitaires en anglais provenant de sources CBSA et de recherches indépendantes. Les articles ont été trouvés dans des bases de données telles que Google Scholar, Scopus et Science Direct, à l'aide de termes de recherche tels que « container-based sanitation » (assainissement par conteneurs), « on-site sanitation » (assainissement sur site) et « non-sewered sanitation » (assainissement sans égouts), ainsi que des termes liés aux catastrophes, aux urgences et à la résilience climatique. Après application de critères de pertinence et de rejet, un nombre plus restreint d'études de grande qualité ont été examinées et citées de manière approfondie.

Entretiens : les chercheurs de Cranfield ont organisé une discussion de groupe en ligne avec des membres de la CBSA afin de recueillir des données sur leurs expériences en matière de préparation et de gestion des chocs. Ce processus a été complété par cinq entretiens en ligne avec des représentants de diverses entreprises CBS.

Analyse des données : L'analyse des données a été réalisée à partir d'un vaste ensemble de données longitudinales issues d'un projet financé par l'ESRC sur les CBS au Kenya, en Afrique du Sud et au Pérou. Les données ont été collectées sur les chocs subis par les individus (notamment les inondations et les troubles civils) et sur les problèmes liés aux services CBS. Cette étape a consisté en une analyse comparative des utilisateurs et des non-utilisateurs des CBS, afin d'identifier les différences dans leurs expériences pendant les périodes de chocs.

Grâce à ce travail, l'étude examine les performances des systèmes CBS en situation de stress climatique, non seulement en théorie, mais aussi dans la pratique. La littérature existante met en évidence la résilience potentielle des CBS, qui repose sur des caractéristiques de conception telles que le confinement hermétique des déchets et la gestion active des services. Les entretiens avec les fournisseurs de CBS font ressortir des exemples concrets illustrant comment ces caractéristiques ont permis d'assurer la continuité des services lors de chocs climatiques, en particulier les inondations et les fortes pluies. Ils

ont également permis de recueillir des preuves de la manière dont les fournisseurs investissent activement dans leurs services et les adaptent afin d'améliorer encore leur résilience. En complément de ces informations, l'analyse de trois quartiers informels – à Nairobi, Lima et Le Cap – suggère que les utilisateurs de CBS ont connu moins de problèmes liés à l'assainissement lors d'événements climatiques extrêmes que les utilisateurs d'autres systèmes, sauf en période de sécheresse. Bien que l'expérience pendant les sécheresses soit inattendue et mérite une étude plus approfondie, ces résultats fournissent des indications supplémentaires sur la capacité des CBS à soutenir à la fois l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets.

Bien que cet article se concentre principalement sur la résilience climatique, il met également en évidence les dimensions plus larges de la résilience des CBS.

Revue rapide de la littérature

Cette revue a examiné la littérature existante sur la résilience des services CBS et leur capacité à faire face aux chocs sociaux, opérationnels et climatiques. La résilience organisationnelle est la capacité stratégique d'une organisation à anticiper, se préparer, réagir et s'adapter aux changements progressifs et aux perturbations soudaines afin d'assurer sa survie et sa prospérité (British Standards Institution (BSI), 2022). Dans le même ordre d'idées, l'assainissement résilient au climat est défini comme un ensemble de services qui anticipent, réagissent, font face, se remettent, s'adaptent ou se transforment en fonction des événements, des tendances et des perturbations liés au climat, tout en s'efforçant de parvenir à un accès universel et équitable à des services gérés de manière sûre, lorsque cela est possible et approprié, en minimisant les émissions et en accordant une attention particulière aux groupes vulnérables les plus exposés (SWA, 2024).

Des études mettent en évidence des caractéristiques telles que la conception modulaire, portable et hors sol, ainsi que la faible consommation d'eau, qui permettent aux CBS de fonctionner dans des environnements difficiles d'accès ou en situation d'urgence, ainsi que lors d'inondations et de pénuries d'eau :

- **Déploiement rapide et conception modulaire** : les systèmes CBS sont très faciles à déployer dans des situations post-catastrophe, difficiles d'accès et d'urgence, notamment lors de catastrophes naturelles et dans les camps de réfugiés temporaires (Nyoka et al., 2017 ; Banque mondiale, 2019a ; Larson, 2018). Ils ne nécessitent pas de creuser ni de construire de superstructures, ce qui permet une installation plus rapide. Les conceptions modulaires et standardisées offrent une grande flexibilité de déploiement : certains fournisseurs importent des toilettes autonomes ou des kits à assembler localement, tandis que d'autres fabriquent des structures sur place et s'approvisionnent en conteneurs sur les marchés établis (Nyoka et al., 2017 ; Banque mondiale, 2019a).
- **Conception hors sol et installations résistantes aux inondations** : les systèmes CBS sont placés hors sol, soit au niveau des habitations (SOIL, Sanima, Clean Team, Mosan, Sanivation), soit dans des superstructures surélevées (Fresh Life/Sanergy, Loowatt). Le positionnement hors sol limite l'entrée d'eau pendant les précipitations et certaines inondations (VanRiper et al., 2022). En Haïti, l'élévation des conteneurs de toilettes EkoLakay permet d'éviter les infiltrations d'eau lors d'inondations mineures, et les conteneurs peuvent être scellées en cas d'inondations extrêmes (VanRiper, 2021, p. 41). Certains fournisseurs ont également conçu des installations de traitement résistantes aux inondations, telles que les andains surélevés de SOIL pour le compostage des déchets collectés, démontrant ainsi comment les infrastructures CBS peuvent être conçues pour résister à des conditions météorologiques extrêmes (Banque mondiale, 2019d).
- **Faible consommation d'eau et approvisionnement flexible en ressources** : les systèmes CBS fonctionnent efficacement en cas de pénurie d'eau, contrairement aux systèmes d'assainissement traditionnels tels que les fosses septiques ou les latrines à chasse d'eau (Sherpa et al., 2014 ; Willetts et al., 2022). Le CBS repose sur des matériaux de couverture – le plus souvent de la sciure de bois – plutôt que sur l'eau, ce qui en fait une option fiable et abordable dans les contextes de pénurie d'eau (Banque mondiale, 2019c, pp. 28 et 34). Par exemple, lors de la sécheresse de 2017

à Nairobi, le prix de l'eau potable a augmenté de 67 %, rendant les toilettes à chasse d'eau de plus en plus coûteuses, tandis que les utilisateurs du CBS pouvaient se procurer de la sciure de bois localement à peu ou pas de frais (Banque mondiale, 2019c). Les fournisseurs ont également mis au point des stratégies adaptatives pour maintenir l'approvisionnement en matériau de couverture : Sanergy obtient gratuitement de la sciure de bois auprès d'ateliers de menuiserie, Sanima mélange du compost fini avec du matériau de couverture, et SOIL utilise parfois exclusivement du compost. Ces approches renforcent la résilience en garantissant la disponibilité locale des approvisionnements, même en cas de troubles civils ou de bouleversements politiques (Ferguson et al., 2022 ; Hyde-Smith et al., 2022).

- **Résilience opérationnelle face aux chocs systémiques** : Les CBS ont également démontré leur résilience face aux perturbations sociales, économiques et sanitaires. Pendant la pandémie de COVID-19, les prestataires de CBS ont maintenu leurs activités malgré les restrictions de déplacement et les exigences de distanciation sociale en augmentant leurs effectifs, en passant au télétravail, en mettant en place des bulles de personnel, en séparant les équipes, en appliquant des protocoles d'hygiène et en déployant des systèmes de paiement mobile et des itinéraires basés sur le GPS afin de réduire la dépendance à l'égard des connaissances individuelles du personnel. Par exemple, SOIL a accéléré le déploiement d'une application de routage GPS afin d'optimiser les itinéraires des collecteurs, tandis que Fresh Life a déployé un système basé sur le cloud pour les contrats, le financement et les rapports. Les entreprises de CBS ont souvent été reconnues comme des services essentiels, ce qui leur a permis de poursuivre leurs activités même lorsque les activités génératrices de revenus, telles que la vente de compost, ont été réduites. En revanche, les systèmes d'assainissement conventionnels, tels que les camions-citernes à vide, ont été soumis à des restrictions qui ont limité la prestation de services dans des pays comme l'Ouganda, le Kenya et le Ghana (Mikhael et al., 2021).

Les études décrites ci-dessus mettent en évidence les caractéristiques de conception et de fonctionnement des CBS qui permettent la continuité du service en cas de chocs divers, qu'il s'agisse de la rapidité de déploiement en cas d'urgence, de la résistance aux inondations et de la faible consommation d'eau, ou encore des stratégies d'adaptation de la main-d'œuvre et de la chaîne d'approvisionnement en cas de crise systémique. Ces caractéristiques démontrent la capacité des CBS à anticiper et à se préparer aux perturbations, à réagir et à faire face aux chocs immédiats et, dans certains cas, à se remettre et à s'adapter à des conditions changeantes. Cependant, toutes les affirmations ne sont pas étayées par des preuves empiriques ; plusieurs d'entre elles reposent sur un raisonnement théorique ou sur des hypothèses de bon sens concernant la conception des CBS. Bien que ces idées ne soient pas sans intérêt, davantage d'exemples concrets et d'évaluations systématiques sont nécessaires pour confirmer le fonctionnement des systèmes CBS dans la pratique. Il existe également peu de données sur la manière dont les systèmes CBS se transforment après un choc afin de maintenir la prestation de services et de répondre aux besoins des utilisateurs au fil du temps. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre les trajectoires de rétablissement, les expériences des utilisateurs pendant la restauration des services et la mesure dans laquelle les CBS contribuent à la résilience à long terme et à l'adaptation transformatrice dans le domaine de l'assainissement urbain.

Résultats

1. Entretien

Des entretiens avec six organisations membres du CBSA ont permis d'examiner comment les systèmes CBS réagissent aux chocs et comment les prestataires renforcent la résilience dans la prestation de services. Les discussions ont porté sur les expériences vécues face à divers facteurs de stress, notamment les chocs liés au climat (tels que les inondations, les vagues de chaleur et les pénuries d'eau) et les perturbations sociales (telles que les manifestations et l'insécurité). Les prestataires ont fait part de leur perception des facteurs qui rendent leurs systèmes résilients, des adaptations qu'ils ont mises en œuvre, de la valeur des approches complémentaires et des implications financières.

Les inondations sont apparues comme le choc le plus courant, signalé par cinq des six prestataires interrogés. Plusieurs caractéristiques des CBS mises en évidence dans la littérature se sont avérées précieuses dans la pratique. Par exemple, les conteneurs scellés ont été stockés ou déplacés en toute sécurité pendant les inondations et l'efficacité inhérente du CBS en matière d'utilisation de l'eau (qui nécessite un minimum d'eau pour l'utilisation des toilettes et le nettoyage des conteneurs) a été un atout majeur pendant les pénuries d'eau.

En outre, les entretiens ont mis en évidence la manière dont leurs relations étroites avec les communautés favorisent la résilience. Par exemple, pendant la pandémie de COVID-19, les prestataires CBS ont tiré parti de leur présence de confiance dans les quartiers informels pour diffuser des messages de santé et lutter contre la désinformation. En Haïti, les collecteurs CBS ont pu contourner les manifestations et les barricades routières grâce à la forte confiance et à la reconnaissance dont ils jouissent au niveau local.

Au-delà de ces éléments, les prestataires ont décrit un large éventail d'adaptations – modifications techniques, gestion proactive et flexibilité du système – toutes intégrées dans une approche plus large qui considère l'adaptation comme un processus continu plutôt que comme un exercice ponctuel.

Les sections suivantes explorent cette question plus en détail, en se concentrant sur :

- **Les perspectives des entreprises en matière de planification de l'adaptation** : comment les prestataires conceptualisent la résilience et adaptent leurs approches aux différents contextes locaux ;
- **Les pratiques de gestion adaptative** : comment les prestataires ajustent et renforcent leurs opérations grâce à leur expérience continue et à un apprentissage itératif ;
- **Les approches complémentaires et les implications en matière de planification** : comment les CBS interagissent avec d'autres systèmes d'assainissement lors de chocs et les implications pour la planification à l'échelle de la ville ; et
- **Les coûts et les investissements** : les ressources nécessaires pour maintenir des services CBS résilients à grande échelle.

Perspectives des entreprises sur la planification de l'adaptation

La compréhension de la planification de l'adaptation varie d'une entreprise à l'autre. Les prestataires interprètent la résilience à la fois en termes de performance du système face aux chocs climatiques ou opérationnels et de robustesse des processus organisationnels. Au-delà des caractéristiques qui rendent le CBS intrinsèquement résilient, la résilience organisationnelle a été essentielle pour maintenir la prestation de services dans des conditions difficiles.

La plupart des personnes interrogées ont repris la définition de la résilience donnée par l'un des participants, à savoir « adapter progressivement le système pour s'assurer qu'il s'inscrit dans le contexte dans lequel nous travaillons », reflétant ainsi l'attention portée aux risques locaux et l'alignement sur les principes établis de la planification adaptative. Cependant, même les entreprises situées dans des zones à faible risque ont documenté leurs expériences de petites inondations et de routes glissantes, ce qui leur permet de s'adapter plus rapidement en cas d'événements graves. Ces initiatives démontrent que la planification de l'adaptation du CBS implique non seulement des ajustements progressifs et spécifiques au contexte, mais aussi des stratégies organisationnelles proactives pour anticiper, préparer et maintenir la prestation de services en situation de stress.

Pratiques de gestion adaptative

Les entretiens ont révélé que la résilience du CBS n'est pas une caractéristique fixe ou un effort ponctuel, mais qu'elle évolue grâce à un processus continu et itératif d'« essais et d'erreurs ». Ces efforts sont également spécifiques au contexte : les entreprises situées dans des zones semi-arides ou à faible risque d'inondation, telles que Sanivation, Sanima et Clean Team, sont confrontées à des défis différents de ceux des prestataires situés dans des zones inondables comme SOIL et Sanergy, où la résilience nécessite souvent des ajustements opérationnels plus proactifs (voir tableau 1). Les entreprises établies de longue date, telles que Sanergy à Mukuru, Nairobi, ont notamment appris à anticiper les défis récurrents et à intégrer des mesures proactives dans leurs opérations. Les stratégies de réponse les plus courantes parmi les prestataires comprenaient la reprogrammation des collectes et le réacheminement du personnel, complétées dans certains cas par le stockage sécurisé des conteneurs jusqu'à ce que le transfert soit possible. Lorsque cela était nécessaire, les prestataires suspendaient les collectes jusqu'à ce que les conditions s'améliorent, en veillant à ce que les clients soient informés et équipés pour gérer la situation pendant la perturbation.

« Nos défis sont récurrents, nous avons donc inventé des moyens de les relever au sein de la communauté et de l'organisation. Nous encourageons également l'innovation pragmatique, afin que les gens soient incités à trouver des moyens et des solutions créatifs pour relever les défis. » – Personnel de Sanergy, 2025

Les prestataires s'appuient également sur des informations externes et des systèmes de communication solides avec les clients. L'accès aux alertes météorologiques ou aux avertissements de sécurité, combiné à des groupes WhatsApp, des appels téléphoniques ou des applications, leur permet d'avertir les ménages, de rassurer les utilisateurs ou de mobiliser les collecteurs avant les chocs. Des liens institutionnels plus solides favorisent également la résilience : Sanergy bénéficie d'un accès aux informations du MET Office,

tandis que Clean Team à Kumasi et Sanima à Lima renforcent leurs liens avec les autorités municipales. De telles mesures proactives restent relativement rares dans le secteur de l'assainissement. Cependant, malgré ces efforts, les prévisions ne sont pas toujours fiables. SOIL, par exemple, a parfois dû s'adapter lorsque les prévisions météorologiques sous-estimaient l'intensité des précipitations, ce qui souligne la nature itérative et empirique de l'adaptation.

Ces pratiques reflètent les principes de la gestion adaptative, qui mettent l'accent sur la planification, la mise en œuvre, le suivi, l'évaluation et l'ajustement continu, un cadre essentiel compte tenu de la fréquence et de l'intensité croissantes des risques climatiques. Le tableau suivant donne un aperçu des adaptations mises en œuvre par les fournisseurs de CBS :

ADAPTATIONS CBS

CHOC	TYPE D'ADAPTATION	ADAPTATION
	Modifications techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Superstructures surélevées dans les zones inondables. - Système de drainage installé dans la station d'épuration pour éviter les inondations. - Toilettes construites en béton pour éviter tout déplacement. - Nouveaux sites de stations de transfert sélectionnés pour éviter les zones riveraines.
	Gestion proactive	<ul style="list-style-type: none"> - Stock de matériaux de couverture d'au moins un mois conservé dans un entrepôt protégé afin d'en garantir la disponibilité, indépendamment des précipitations ou des interruptions de la chaîne d'approvisionnement. - Conteneurs collectés avant les précipitations prévues, avec déploiement de personnel et de véhicules supplémentaires si nécessaire. - Conseils aux utilisateurs pour sceller et déplacer les conteneurs avant les précipitations. - Conteneurs supplémentaires fournis avant les inondations. - Formation des utilisateurs pour vider les jerrycans d'urine dans des latrines à fosse si la collecte n'a pas lieu. - Équipement des collecteurs avec des cuissardes ou des bottes en caoutchouc et des imperméables.
	Flexibilité du système	<ul style="list-style-type: none"> - Les tricycles ont été remplacés par des camions lorsque les routes ont été affectées par de fortes pluies. - La collecte auprès des ménages a été remplacée par des points de collecte pendant les inondations. - Des kits d'hygiène ont été distribués pendant les inondations. - Les toilettes ont été nettoyées après avoir été submergées par les eaux de crue plutôt que remplacées. - Les déchets ont été stockés sur le site de transfert ou le site intermédiaire si la route menant au site de traitement était impraticable. - Les déchets ont été transférés des stations de transfert inondées vers d'autres stations. - Chariots à main tirés par deux ou trois personnes pendant les inondations.

		<ul style="list-style-type: none"> - Les collecteurs se rendent à pied chez les ménages si les routes sont impraticables. - Reprise de la collecte après la décrue. - Remplacement gratuit des toilettes perdues lors des inondations et collecte gratuite pendant quelques mois après les inondations. - Prêts et subventions accordés au personnel dont les maisons sont touchées.
Pénuries d'eau	Modifications techniques	- Des réservoirs de stockage sont installés dans les centres de traitement en cas de panne de l'approvisionnement en eau courante.
	Flexibilité du système	- Les clients sont informés qu'un chiffon humide suffit pour nettoyer les toilettes.
Vagues de chaleur	Flexibilité du système	<ul style="list-style-type: none"> - Des chapeaux, de la crème solaire et de l'eau sont fournis aux équipes de collecte et de vente. - Les activités, y compris le retournement des andains, sont effectuées tôt le matin.
	Gestion proactive	<ul style="list-style-type: none"> - Des toits résistants au vent sont construits pour les superstructures. - Les toits endommagés sont réparés dans les 24 heures.
Affaissement	Flexibilité du système	- Les toilettes sont rendues au fournisseur si un affaissement devient un problème après la construction d'une maison.
Boue	Flexibilité du système	- Les points de collecte sont déplacés vers des zones accessibles lorsque le sol est boueux.
Manifestations	Flexibilité du système	<ul style="list-style-type: none"> - Les salaires sont versés en espèces au domicile des employés en période d'insécurité. - Les collectes sont effectuées tôt dans la journée, avant le début des manifestations.
Crime organisé	Flexibilité du système	- Des briefings sur la sécurité sont organisés à l'intention des équipes de collecte et de vente.

Approches complémentaires et implications en matière de planification

Les personnes interrogées ont souligné la complémentarité entre les systèmes CBS et les systèmes d'assainissement conventionnels en cas de crise. Certaines ont mentionné des cas où les systèmes conventionnels ont servi de solution de secours lorsque les services CBS ont été interrompus, tandis que les systèmes CBS ont souvent été utiles aux utilisateurs en cas de pénurie d'eau ou de défaillance des infrastructures. Cette flexibilité réduit la vulnérabilité des utilisateurs et met en évidence les avantages pratiques de maintenir une combinaison d'options d'assainissement afin d'assurer la continuité du service dans diverses situations de crise.

Pour comprendre comment et où déployer différentes options d'assainissement, il faut disposer de données comparatives. Les adaptations contextuelles mises en évidence ci-dessus montrent que les prestataires ajustent leurs stratégies en fonction des conditions locales. À Naivasha, où les inondations sont fréquentes mais où les eaux s'écoulent rapidement, les systèmes CBS peuvent sembler résilients, mais cela est principalement dû à la géographie locale. Cependant, les systèmes conventionnels tels que les latrines à fosse dans le même contexte peuvent encore connaître des problèmes tels que des fuites ou des

contaminations. La comparaison de différents systèmes soumis aux mêmes chocs permettrait aux planificateurs et aux décideurs politiques d'évaluer la résilience de manière plus fiable et de prendre des décisions éclairées sur les systèmes les plus adaptés à des endroits spécifiques.

Coûts et investissements

En fin de compte, l'adaptation est coûteuse, et bien que la répartition exacte des coûts soit inconnue, il est évident que la résilience a un prix, ce qui soulève la question cruciale de savoir qui doit supporter les coûts de l'adaptation et de la résilience à long terme afin de garantir que personne ne soit laissé pour compte. Les entreprises de CBS s'appuient actuellement sur leur budget interne, leurs prévisions et un soutien externe, notamment des subventions ou des contrats publics, pour maintenir leur résilience. Par exemple, les subventions SOIL ont financé des kits d'hygiène d'urgence, l'assistance au personnel, le soutien à la clientèle et l'entretien des routes, tandis que Sanergy a remplacé les toilettes perdues et ajusté ses prestations de services après des crues soudaines. Dans certaines de ces régions, les prestataires évoluent au-delà des opérations d'assainissement standard vers des rôles plus proches de ceux des organisations humanitaires afin de protéger leurs clients en cas de crise.

Conclusion

Les prestataires CBS mettent en œuvre un large éventail d'adaptations afin de fournir des services d'assainissement plus résilients. L'un des principaux atouts du CBS est la flexibilité des tournées de collecte, qui peuvent être ajustées dans l'espace et dans le temps afin d'éviter les perturbations causées par les inondations, les manifestations ou d'autres chocs. Les conteneurs eux-mêmes constituent un autre atout : ils peuvent être scellés ou déplacés avant les inondations, une capacité qui devient plus efficace à mesure que les systèmes d'alerte précoce s'améliorent. La plupart des systèmes CBS ne nécessitent pas d'eau pour la chasse d'eau et seulement un minimum d'eau pour le nettoyage, ce qui les rend particulièrement adaptés aux zones souffrant de pénuries d'eau causées par des événements climatiques ou des défaillances des infrastructures. Les prestataires prennent également des mesures actives pour protéger et soutenir leur personnel en cas de chocs, notamment en fournissant des EPI, en ajustant les horaires de travail et en offrant des subventions ou des prêts aux employés dont les maisons sont touchées.

2. Données secondaires

Dans le cadre [d'une étude sur les pratiques d'assainissement hors réseau](#), axée sur la manière dont différents groupes d'utilisateurs accèdent aux installations sanitaires et les utilisent, des enquêtes longitudinales à haute fréquence ont été menées à l'aide de smartphones pendant un an au Kenya, au Pérou et en Afrique du Sud. Une centaine de participants ont été recrutés dans trois quartiers informels : Mukuru Kwa Reuben à Nairobi, Pamplona Alta à Lima et BM Section à Khayelitsha au Cap. L'échantillon a été réparti de manière égale entre les utilisateurs de CBS et les non-utilisateurs, ainsi qu'entre les

hommes et les femmes adultes. Les données de l'enquête ont été systématiquement collectées, anonymisées et minutieusement nettoyées afin d'en garantir l'exactitude et la fiabilité. Une description complète de l'enquête dans son ensemble est disponible dans Lewis et al. (2024).

Chaque semaine, les participants ont indiqué s'ils avaient rencontré des problèmes avec leurs toilettes, en évaluant leur gravité comme mineure, modérée ou grave. Ces catégories ont été regroupées sous le terme « problème », tandis que « aucun » a été enregistré comme « aucun problème ». Les participants ont également été interrogés sur la survenue d'« événements négatifs » (ci-après dénommés « chocs ») au cours de la semaine. Les réponses possibles comprenaient les inondations, les précipitations, les tempêtes, la chaleur, la sécheresse, les glissements de terrain et les manifestations, avec une catégorie supplémentaire « autre ». Tous les répondants n'ont pas répondu à toutes les enquêtes hebdomadaires.

Pour cette analyse de la résilience, seuls les chocs répertoriés ont été pris en compte. Lorsqu'un choc était signalé, les réponses étaient mises en correspondance avec les données relatives aux problèmes de toilettes de la même semaine. Les différences entre les utilisateurs du CBS et les non-utilisateurs ont été testées pour déterminer leur signification statistique à l'aide de tests du chi carré. Une valeur $p < 0,05$ était considérée comme significative. Le test n'a pas pu être effectué pour les tempêtes en raison de la petite taille des échantillons (voir le tableau ci-dessous).

Toutes les données sont autodéclarées, ce qui signifie que les « problèmes » et les « chocs » reflètent les interprétations propres des participants. Par exemple, les entretiens suggèrent que le terme « glissement de terrain » peut faire référence à l'effondrement des murs de soutènement. Si cela peut être considéré comme une limite, cela permet également de saisir la force de l'expérience vécue plutôt que des catégories définies de manière externe. Les taux de participation variaient d'un pays à l'autre, et les données manquantes ont été exclues grâce à une analyse complète des cas. Cette approche peut introduire un biais si l'absence de réponse était corrélée à l'expérience ou à la satisfaction en matière de toilettes. Une autre limite est la possibilité de fausses déclarations, notamment lorsque les participants inventent des réponses pour obtenir le paiement de l'enquête.

Les données indiquent que les utilisateurs de CBS étaient généralement moins susceptibles de signaler des problèmes de toilettes que les non-utilisateurs pendant les semaines où des chocs se sont produits, sauf en cas de sécheresse (voir figure 1).

Dans l'ensemble, les données secondaires fournissent des preuves comparatives rares sur la résilience de l'assainissement, montrant que les utilisateurs du CBS ont généralement connu moins de problèmes liés aux toilettes que les non-utilisateurs lors de chocs climatiques et liés à des événements. L'exception de la sécheresse, où les utilisateurs du CBS ont signalé des niveaux de problèmes similaires à ceux des non-utilisateurs, est inattendue et mérite une enquête plus approfondie. Ces résultats offrent des informations importantes sur les performances du CBS par rapport à d'autres systèmes d'assainissement dans des conditions réelles.

Nombre de fois où des utilisateurs et des non-utilisateurs de la CBS ont déclaré avoir rencontré des problèmes avec leurs toilettes tout en déclarant avoir subi un choc.

Type de choc	Inondation	Précipitations	Tempête	Chaleur	Sécheresse	Glissement de terrain	Manifestation
Nombre de fois où les personnes ont déclaré avoir subi le choc	83	455	21	129	120	76	81
Utilisateur de CBS, problèmes avec les toilettes	13	50	10	19	24	11	8
Utilisateur de CBS, aucun problème avec les toilettes	11	147	3	26	15	15	13
Non-utilisateur de CBS, problèmes avec les toilettes	36	127	5	39	39	33	42
Non-utilisateur de CBS, aucun problème avec les toilettes	23	131	3	45	42	17	18
Valeur p (test du chi-carré)	0.0017	1.6E-07	S.O.	0.0074	0.00096	0.011	2.6E-05

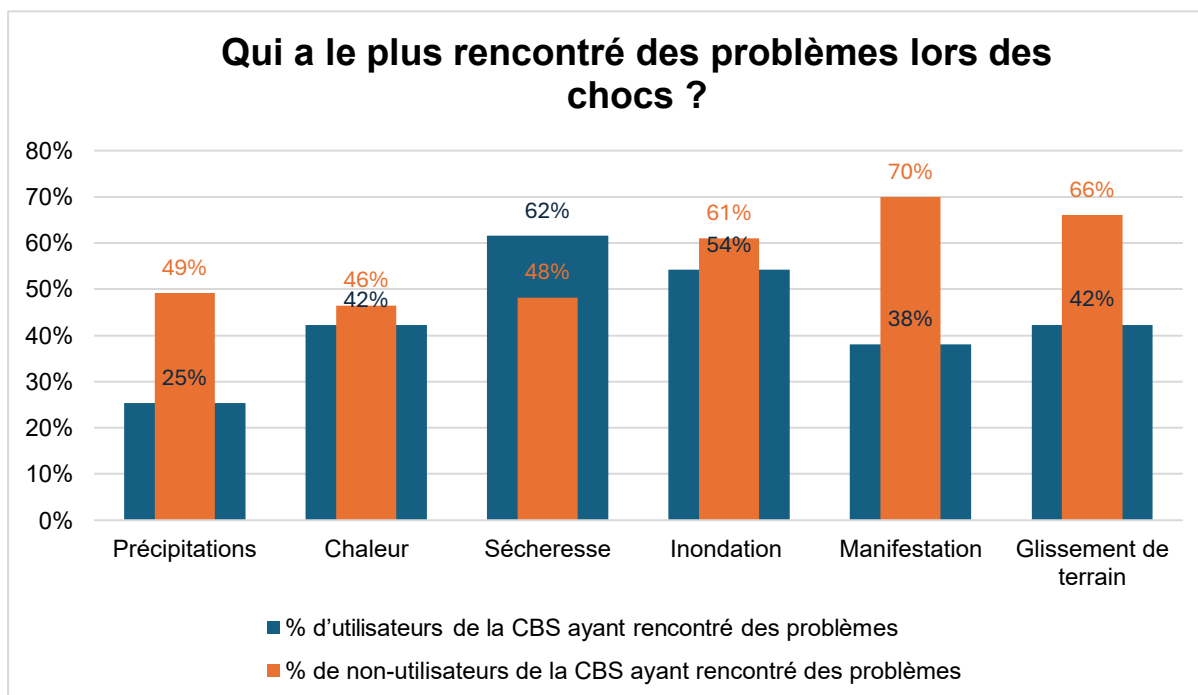


Figure 1: Pour chaque choc, pourcentage d'utilisateurs CBS par rapport aux non-utilisateurs CBS ayant signalé un problème avec leurs toilettes.

Discussion

Les données issues de la littérature, des entretiens avec les prestataires de CBS et des données secondaires indiquent que les systèmes CBS offrent des avantages significatifs en matière de résilience par rapport aux approches sanitaires conventionnelles, tout en mettant en évidence les possibilités de renforcer les données probantes et l'adaptation à l'échelle du secteur.

La littérature met en avant les caractéristiques de conception et de fonctionnement des CBS (déploiement rapide, conception résistante aux inondations et à faible consommation d'eau, stratégies d'adaptation de la main-d'œuvre) qui permettent la continuité du service en cas de chocs divers. Ces caractéristiques suggèrent que les CBS peuvent anticiper les perturbations, y répondre et s'en remettre, contribuant ainsi potentiellement à une résilience à plus long terme. Cependant, les preuves empiriques sont limitées, certaines affirmations étant basées sur des connaissances théoriques plutôt que sur l'évaluation des systèmes sur le terrain. La plupart des publications examinent le CBS de manière isolée plutôt qu'en comparaison avec d'autres approches en matière d'assainissement, ce qui limite la compréhension de ses performances relatives et de sa contribution à la résilience. Des lacunes subsistent dans les connaissances concernant les trajectoires de rétablissement après un choc, les expériences des utilisateurs pendant le rétablissement du service et la mesure dans laquelle le CBS contribue à une adaptation transformatrice au changement climatique.

Les informations tirées des entretiens avec les fournisseurs complètent et enrichissent la littérature. Les besoins en eau minimaux pour le nettoyage ou le fonctionnement rendent le CBS particulièrement robuste en cas de sécheresse ou lorsque les infrastructures hydrauliques sont compromises. Les entreprises CBS mettent activement en œuvre une série d'adaptations qui renforcent la résilience dans la pratique. Les relations étroites avec les clients, grâce à des contacts et des communications réguliers, permettent aux fournisseurs de réagir de manière dynamique aux inondations, aux manifestations ou à d'autres perturbations, tandis que les conteneurs eux-mêmes peuvent être scellés ou déplacés avant les inondations. Les fournisseurs prennent également des mesures délibérées pour protéger leur personnel, telles que l'ajustement des horaires de travail, la fourniture d'EPI et le soutien aux employés touchés par les chocs. Ces stratégies opérationnelles démontrent que le CBS offre une certaine résilience inhérente à sa conception, mais qu'il peut être encore amélioré grâce à une gestion adaptative.

Les données secondaires fournissent des preuves comparatives rares : dans trois quartiers informels, les utilisateurs du CBS ont signalé moins de perturbations de service que les non-utilisateurs lors de chocs liés au climat et à des événements, bien que la sécheresse ait constitué une exception, ce qui souligne un domaine nécessitant des recherches supplémentaires. Les principales possibilités de renforcer la résilience du CBS sont les suivantes :

- **Clarifier et normaliser la planification de l'adaptation** : les entreprises varient dans la manière dont elles définissent et documentent la résilience. Des cadres structurés amélioreraient l'apprentissage et la cohérence.

- **Générer davantage de données** : des analyses systématiques comparant le CBS à d'autres options d'assainissement dans des situations de chocs similaires, y compris les trajectoires de reprise après un choc, les expériences des utilisateurs et la durabilité des services à long terme, contribueraient à combler les lacunes critiques en matière de connaissances et à orienter une planification adaptée au contexte.
- **Maintenir les ressources pour la résilience** : les adaptations reposent actuellement sur des budgets internes ou des subventions. Un financement dédié au climat sera essentiel à mesure que les chocs deviendront plus fréquents et plus graves.

En résumé, le CBS démontre un potentiel de résilience tangible grâce à sa conception et à sa gestion active. Le renforcement des preuves, des cadres de planification et des ressources dédiées contribuera à traduire ce potentiel en services d'assainissement durables et résilients au changement climatique, qui desservent de manière fiable les populations vulnérables.

Remerciements

Revue de la littérature : Andrew Coco, Université de Cranfield

Collecte et analyse des entretiens : Alesia Ofori et Alison H. Parker, Université de Cranfield

Collecte de données secondaires : Alison H. Parker, Amy R. Lewis, Andrew R. Bell, Ana Casas, Beata Kupiec-Teahan, José Mendoza Sanchez, Simon Willcock, Fiona Anciano, Dani J. Barrington, Mmeli Dube, Paul Hutchings, Caroline Karani, Arturo Llaxacondor, Hellen López, Anna L. Mdee, Alesia D. Ofori, Joy N. Riungu, Kory C. Russel

Analyse secondaire des données : Alison H. Parker, Université de Cranfield

Contributions supplémentaires et révision : Rémi Kaupp et Isabella Montgomery, Container Based Sanitation Alliance

Références

British Standards Institution, (2022). [BS 65000:2022 - TC Organisational resilience. Code of practice.](#)

Ferguson, C., Mallory, A., Anciano, F., Russell, K., Valladares, H. D. R. L., Riungu, J., & Parker, A. (2022). [A qualitative study on resource barriers facing scaled containerbased sanitation service chains.](#) Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development, 12(3), 318–328.

Green Climate Fund (2024) [Annex III | Water security sectoral guide, GCF water project design guidelines, part 3: practical guidelines for designing climate-resilient sanitation projects](#)

- Hyde-Smith, L., Zhan, Z., Roelich, K., Mdee, A., & Evans, B. (2022). [Climate Change Impacts on Urban Sanitation: A Systematic Review and Failure Mode Analysis](#). In Environmental Science and Technology (Vol. 56, Issue 9, pp. 5306–5321). American Chemical Society.
- Kilbride, A., Kramer, S., & Preneta, N. (2013). [Piloting ecological sanitation \(EcoSan\) in the emergency context of Port-au-Prince, Haiti, after the 2010 earthquake](#).
- Larson, I. (2018). *Container Based Emergency Sanitation: A Feasibility Report for Eugene, Oregon After the Cascadia Subduction Zone Earthquake* [Thesis]. University of Oregon.
- Lewis, A. R. et al. [Comparative sanitation data from high-frequency phone surveys across 3 countries](#). *Data in Brief* 110635 (2024)
- Mikhael, G., Twyman, B., & Zaki, S. (2021). [Lessons from Covid 19: The Resilience of Innovative Sanitation and Hygiene Ventures](#).
- Nyoka, R., Foote, A. D., Woods, E., Lokey, H., O'Reilly, C. E., Magumba, F., Okello, P., Mintz, E. D., Marano, N., & Morris, J. F. (2017). [Sanitation practices and perceptions in Kakuma refugee camp, Kenya: Comparing the status quo with a novel service-based approach](#). PLoS ONE, 12(7).
- Reade, A. (2016). [What Potential is there for Container Based Sanitation and the Social Enterprise in Urban Emergencies?](#)
- Rentschler, J, P Avner, M Marconcini, R Su, E Strano, M Vousdoukas, and S Hallegatte (2023), "[Global evidence of rapid urban growth in flood zones since 1985](#)," Nature, 622: 87–92.
- Ruiz, K. (2013). End Project Evaluation Peepoo sanitation solution for Pakistan monsoon floods 2012.
- Sanitation and Water for All (2024) [Definition of climate-resilient water sanitation and hygiene services](#)
- VanRiper, F. (2021). The Viability of Container-Based Sanitation as a Tool for Sanitation Coverage in Urban Haiti [Dissertation]. Oregon State University.
- VanRiper, F., Russel, K. C., Cramer, L. A., Tillias, D., Laporte, J., Lloyd, E., & Kramer, S. (2022). [Container-Based Sanitation Services and Attrition: An Examination of Drivers and Implications](#). *Frontiers in Environmental Science*, 9.
- VanRiper, F., Russel, K. C., Tillias, D., Tilt, J., & Laporte, J. (2022). [Container-based sanitation in urban Haiti: how can it improve human rights as a component of citywide inclusive sanitation?](#) H2Open Journal, 5(1), 135–152.
- United Nations Children’s Fund (UNICEF) and World Health Organization (2018). [Core questions on drinking water, sanitation and hygiene for household surveys](#)
- Willetts J, Kumar A, Mills F (2022) Urban sanitation and climate change: A public service at risk – Landscape study. Prepared for the Bill and Melinda Gates Foundation by University of Technology Sydney - Institute for Sustainable Futures.
- World Bank. (2019a). [Evaluating the Potential of Container-Based Sanitation](#).

World Bank. (2019b). [Evaluating the Potential of Container-Based Sanitation: Clean Team in Kumasi, Ghana.](#)

World Bank. (2019c). [Evaluating the Potential of Container-Based Sanitation: Sanergy in Nairobi, Kenya.](#)

World Bank. (2019d). [Evaluating the Potential of Container-Based Sanitation: SOIL in Cap-Haitien, Haiti.](#)